

PUB-NO: FR002813994A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: FR 2813994 A1

TITLE: Freezing protection for electro-chemical battery (fuel cell) with proton exchange membrane, has electrical resistance heater fed from fuel cell, separate batteries and electrical network

PUBN-DATE: March 15, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
GERARD, DAVID	N/A
ROUYEYRE, LUC	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
RENAULT	FR

APPL-NO: FR00011724

APPL-DATE: September 14, 2000

PRIORITY-DATA: FR00011724A ( September 14, 2000)

INT-CL (IPC): H01M008/04

EUR-CL (EPC): H01M008/04

ABSTRACT:

CHG DATE=20020807 STATUS=O>The battery is fitted with a cooling circuit (2) having a circulation pump (10) and a heat exchanger (40). The cooling circuit includes a heater (14) controlled by a temperature sensor (17) which switches on the heater when the temperature is close to the cooling circuits distilled water freezing temperature. The heater includes an electrical resistance (15) mounted in the cooling circuit, the supply to it is from batteries (16), electrical network and fuel cell itself. n an alternative version the heating resistance is also fed from the electro-chemical battery (fuel cell), which has an auxiliary circuit , fed with hydrogen and air, tapped from the principal supply circuit so as to operate the battery (1) at a lower power than normal operating power. The auxiliary circuit has a calibrated passage designed to

supply sufficient hydrogen to generate the current necessary to supply the heating resistance. A fan (20) is included in the air part of the auxiliary circuit.

DERWENT-ACC-NO: 2002-354277

DERWENT-WEEK: 200239

COPYRIGHT 2007 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Freezing protection for electro-chemical battery (fuel cell) with proton exchange membrane, has electrical resistance heater fed from fuel cell, separate batteries and electrical network

INVENTOR: GERARD, D; ROUVEYRE, L

PATENT-ASSIGNEE: REGIE NAT USINES RENAULT[RENA]

PRIORITY-DATA: 2000FR-0011724 (September 14, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
FR <u>2813994</u> A1	March 15, 2002	N/A	016	H01M 008/04

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
FR 2813994A1	N/A	2000FR-0011724	September 14, 2000

INT-CL (IPC): H01M008/04

ABSTRACTED-PUB-NO: FR 2813994A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The battery is fitted with a cooling circuit (2) having a circulation pump (10) and a heat exchanger (40). The cooling circuit includes a heater (14) controlled by a temperature sensor (17) which switches on the heater when the temperature is close to the cooling circuits distilled water freezing temperature. The heater includes an electrical resistance (15) mounted in the cooling circuit, the supply to it is from batteries (16), electrical network and fuel cell itself.

DETAILED DESCRIPTION - In an alternative version the heating resistance is also fed from the electro-chemical battery (fuel cell), which has an auxiliary circuit, fed with hydrogen and air, tapped from the principal supply circuit so as to operate the battery (1) at a lower power than normal operating power. The auxiliary circuit has a calibrated passage designed to supply sufficient hydrogen to generate the current necessary to supply the heating resistance. A fan (20) is included in the air part of the auxiliary circuit.

USE - For protection against freezing of batteries distilled water cooling fluid.

ADVANTAGE - Designed to protect the battery cooling fluid from freezing, when the battery is non operational, in a simple way, whilst proving efficient cooling when battery is operational.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic of one of two versions of the batteries circuits

fuel cell 1

cooling circuit 2

principal cooling circuit 3

heat exchanger 4

membranes 5

pump 10,12

radiator 13

heater 14

heating resistance 15

batteries 16

sensor 17

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

TITLE-TERMS: FREEZE PROTECT ELECTRO CHEMICAL BATTERY FUEL CELL  
PROTON EXCHANGE  
MEMBRANE ELECTRIC RESISTANCE HEATER FEED FUEL CELL SEPARATE  
BATTERY  
ELECTRIC NETWORK

DERWENT-CLASS: X16

EPI-CODES: X16-C01C; X16-C09; X16-K;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2002-278403

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

⑪ N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 813 994**

⑫ N° d'enregistrement national : **00 11724**

⑤ Int Cl<sup>7</sup> : H 01 M 8/04

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

**A1**

⑫ Date de dépôt : 14.09.00.

③ Priorité :

⑦ Demandeur(s) : *RENAULT* — FR.

⑦ Inventeur(s) : GERARD DAVID et ROUYEYRE LUC.

④ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 15.03.02 Bulletin 02/11.

⑤ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

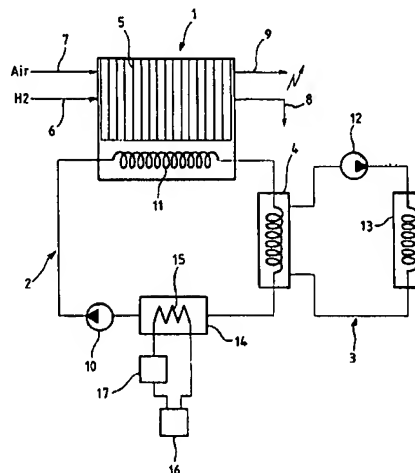
⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦ Titulaire(s) :

⑦ Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

⑤ PILE A COMBUSTIBLE ET PROCEDE DE PROTECTION D'UNE TELLE PILE CONTRE LE GEL.

⑤ Pile à combustible équipée d'un circuit de refroidissement 2 comportant une pompe de circulation 10 et un échangeur de chaleur 4 traversés par un fluide caloporteur, caractérisée par le fait que le circuit de refroidissement 2 comprend un dispositif de réchauffage 14 du fluide caloporteur commandé par un capteur de température 17 capable d'actionner le dispositif de réchauffage 14 lorsque la température détectée est proche de la température de congélation du fluide caloporteur.



FR 2 813 994 - A1



**Pile à combustible et procédé de protection d'une telle pile contre le gel.**

La présente invention est relative aux piles à combustible et en particulier aux piles à combustible comportant une cellule à membrane échangeuse de protons (PEM) traversée pour le refroidissement par un fluide caloporteur.

5 De telles piles à combustible permettent d'obtenir de l'énergie électrique sous forme de courant continu avec un rendement élevé à partir de l'énergie chimique sans passer par l'étape intermédiaire de la conversion thermique ou mécanique de l'énergie. La cellule de la pile à combustible est alimentée en hydrogène et en air fournissant l'oxygène .  
10 Ces gaz, envoyés dans le coeur de la pile constitué d'un empilement de cellules élémentaires où se déroulent des réactions inverses de l'électrolyse de l'eau, permettent par combinaison électrochimique de l'hydrogène et de l'oxygène, une circulation de protons produisant un courant électrique continu ainsi que de l'eau. La température de  
15 fonctionnement est généralement comprise entre 80 et 120°C. L'évacuation des calories thermiques produites par la pile à combustible nécessite un circuit de refroidissement qui comprend généralement un échangeur de chaleur et une pompe de circulation, assurant un débit convenable d'un fluide caloporteur à l'intérieur de la pile à combustible  
20 afin d'évacuer les calories thermiques produites.

A titre de fluide caloporteur, il est nécessaire de choisir un fluide dont la conductivité électrique soit quasiment nulle afin d'éviter des courts-circuits générés par le liquide de refroidissement dans la pile à combustible. A cet égard, l'eau distillée constitue un bon fluide  
25 caloporteur présentant des caractéristiques de conductibilité électrique

correspondant aux attentes des utilisateurs de piles à combustible. Toutefois, l'eau distillée gèle à 0°C, ce qui peut présenter des difficultés lorsque la pile à combustible est arrêtée et que l'utilisation de la pile à combustible se fait en extérieur de sorte que le fluide caloporteur peut se transformer en glace, si la température ambiante descend au dessous de 0°C. Un tel changement d'état du fluide caloporteur et en particulier de l'eau distillée, entraîne généralement des dommages irréversibles dans la pile à combustible, par exemple des ruptures de membrane.

On a déjà prévu de rajouter au fluide caloporteur un additif permettant d'abaisser le point de congélation (voir notamment la demande de brevet allemand publiée DE-19802490 (BALLARD POWER SYSTEMS)).

L'utilisation d'additifs glycolés est classique dans les circuits de refroidissement des moteurs à combustion interne de véhicules automobiles et a pu également être préconisée pour les piles à combustible. Il est cependant nécessaire d'utiliser des additifs de grande pureté pour éviter tout problème de corrosion des membranes de la pile à combustible ou même des court-circuits électriques (voir en particulier la demande de brevet publiée WO 0017951 (BALLARD POWER SYSTEMS)).

La présente invention a pour objet la protection d'une pile à combustible équipée d'un circuit de refroidissement contre le gel du fluide caloporteur lors des périodes d'arrêt de la pile, et ce d'une manière simple qui ne risque pas d'altérer le fonctionnement normal de la pile à combustible tout en assurant un excellent refroidissement de celle-ci lors de son fonctionnement.

La pile à combustible selon l'invention est équipée d'un circuit de refroidissement comportant une pompe de circulation et un échangeur de chaleur traversés par un fluide caloporteur. Le circuit de refroidissement comprend un dispositif de réchauffage du fluide caloporteur commandé par un capteur de température capable d'actionner le dispositif de réchauffage lorsque la température détectée est proche de la température de congélation du fluide caloporteur.

Le dispositif de réchauffage comprend de préférence une résistance électrique montée dans le circuit de refroidissement.

La résistance électrique peut être alimentée en courant électrique continu par une batterie d'accumulateurs.

Si l'énergie accumulée par la batterie est insuffisante ou si l'on ne dispose pas d'une telle batterie, la résistance électrique peut être alimentée en courant électrique par la pile à combustible elle même fonctionnant de préférence à faible puissance. La pile peut alors comprendre un circuit auxiliaire d'alimentation en hydrogène et en air, branché en dérivation sur le circuit d'alimentation principal et capable de faire fonctionner la pile à une puissance très inférieure à la puissance de fonctionnement normale. Le circuit auxiliaire d'alimentation en hydrogène comprend avantageusement dans ce cas, un passage calibré adapté pour une alimentation en hydrogène suffisante pour générer le courant électrique nécessaire à la résistance électrique. Le circuit auxiliaire d'alimentation en air peut comprendre un ventilateur assurant l'arrivée d'air nécessaire au fonctionnement de la pile à faible puissance. Le fonctionnement de la pile à combustible à cette faible puissance ne nécessite pas la mise en route de la pompe de circulation du circuit de refroidissement car les calories thermiques à évacuer sont, dans ce cas, négligeables. De plus, à cette faible puissance, le fonctionnement de la pile à combustible n'entraîne pas un dégagement de calories thermiques capable de réchauffer notablement le liquide de refroidissement.

En variante, la résistance électrique peut être alimentée en courant électrique alternatif par l'intermédiaire d'une prise de courant branchée directement sur le secteur.

L'invention peut être appliquée aux piles à combustible utilisant tout type de fluide caloporteur tel que l'eau glycolée ou autre mais est particulièrement intéressante lorsque le fluide caloporteur est de l'eau distillée, qui présente par ailleurs d'excellentes caractéristiques de conductibilité électrique pour son utilisation dans les piles à combustible.

Selon l'invention, le procédé de protection d'une pile à combustible contre le gel du fluide caloporteur lors des périodes d'arrêt de la pile est adapté à une pile à combustible dans laquelle un fluide caloporteur est mis en circulation, par exemple par une pompe, lors des périodes de fonctionnement de la pile. Pendant les périodes d'arrêt de la pile, on mesure la température et, lorsqu'on détecte une température



proche de la température de congélation du fluide caloporteur, on procède à un réchauffement localisé du fluide caloporteur de façon à provoquer une mise en circulation dudit fluide par thermosiphon, la pompe restant hors service.

5 Le phénomène de thermosiphon est induit par le gradient de température créé par le réchauffement local du fluide caloporteur. Ce gradient de température crée un gradient de masse volumique du fluide caloporteur qui entraîne la mise en mouvement du fluide malgré que la pompe de circulation reste inerte.

10 Le réchauffement localisé du fluide caloporteur peut être obtenu de toute manière appropriée bien que l'utilisation d'une résistance électrique, comme indiqué précédemment, soit particulièrement simple et pratique. On peut par exemple prévoir à cet effet un organe extérieur chauffé, entourant une canalisation du circuit de refroidissement de la pile à combustible. On peut également introduire dans le circuit un serpentin à 15 l'intérieur duquel peut circuler un fluide de réchauffement à température élevée.

L'invention sera mieux comprise à l'étude de deux modes de réalisation pris à titre d'exemples nullements limitatifs et illustrés par les 20 dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement les principaux éléments d'une pile à combustible selon l'invention et de son circuit de refroidissement; et

- la figure 2 est une représentation schématique analogue à la 25 figure 1 d'une variante selon l'invention.

Telle qu'elle est représentée sur la figure 1, la pile à combustible référencée 1 dans son ensemble est utilisée à titre d'exemple dans un véhicule automobile muni d'un système de traction à pile à combustible. La pile à combustible comporte un circuit de refroidissement 2 traversé 30 par un fluide caloporteur, qui est par exemple de l'eau distillée. Le véhicule est par ailleurs équipé d'un circuit de refroidissement principal 3, connecté au circuit de refroidissement 2 de la pile à combustible 1 par l'échangeur de chaleur 4.

35 La pile à combustible 1 comprend un empilement de membranes échangeuses 5, qui constituent le coeur de la pile. Cet empilement de

membranes 5 est traversé par un flux d'hydrogène amené par la canalisation 6 et un flux d'air amené par la canalisation 7, permettant la réaction électrochimique de l'oxygène sur l'hydrogène à l'intérieur de la pile. La réaction produit de l'eau qui est évacuée par la canalisation 8 et un  
5 courant électrique continu qui apparaît sur la sortie 9 et qui peut être utilisé pour alimenter un moteur électrique de propulsion du véhicule. Bien entendu, toute autre application pourrait être envisagée.

La réaction électrochimique produit également de la chaleur, qui doit être évacuée de la pile à combustible 1. A cet effet, le fluide caloporteur circulant dans le circuit de refroidissement 2 est mis en  
10 circulation par la pompe 10 et traverse la pile à combustible 1 par une portion de canalisation représentée schématiquement sous la forme du serpent 11 placé à l'intérieur de la pile à combustible 1. Le fluide caloporteur dont la température s'est élevée lors de son passage dans la  
15 pile à combustible 1, traverse ensuite l'échangeur de chaleur 4 avant de revenir sur l'admission de la pompe de circulation 10. Le circuit de refroidissement principal 3 comporte également une pompe de circulation 12 et un radiateur 13 capables d'évacuer les calories provenant de l'échangeur de chaleur 4. Le circuit de refroidissement principal 3 utilise  
20 avantageusement, à titre de fluide caloporteur, de l'eau glycolée pour empêcher tout risque de gel.

Selon l'invention, le circuit de refroidissement 2 de la pile à combustible comprend un dispositif de réchauffage 14 du fluide caloporteur circulant dans le circuit de refroidissement 2 de la pile à  
25 combustible 1. Dans l'exemple illustré sur la figure 1, le dispositif de réchauffage est constitué par une simple résistance électrique 15 insérée dans le circuit de refroidissement 2 et alimentée en courant électrique par la batterie d'accumulateur 16 dont le véhicule est généralement équipé. Un capteur de température 17 permet de mesurer à tout instant la  
30 température ambiante et de détecter le moment où, en raison des conditions extérieures, l'eau distillée utilisée comme fluide caloporteur dans le circuit de refroidissement 2 risque d'atteindre la température critique de 0°C. Lorsqu'une température ambiante proche de 0°C, par exemple une température comprise entre 3° et 1°C et de préférence  
35 environ 1°C, est détectée, le capteur 17 commande la fermeture du circuit

électrique incluant la résistance 15 et la batterie 16. En variante, le capteur 17 pourrait être placé directement en contact avec le fluide caloporteur s'écoulant dans le circuit de refroidissement 2 de façon à mesurer la température du fluide lui-même.

5           Lors du fonctionnement normal de la pile à combustible 1, la pompe de circulation 10 fonctionne et le fluide caloporteur, par exemple l'eau distillée, circule dans le circuit de refroidissement 2 et joue son rôle de transfert de calories de la pile à combustible 1 vers l'échangeur de chaleur 4. La pompe de circulation 12 fonctionne également de façon à  
10 éliminer les calories provenant du circuit de refroidissement 2 par l'échangeur de chaleur 4 et le radiateur 13 du circuit de refroidissement principal 3.

          Lorsque le véhicule est immobilisé, la pile à combustible 1 n'étant plus en fonctionnement, les pompes de circulation 10 et 12 sont  
15 arrêtées. La pile à combustible n'est plus alimentée en air et en hydrogène et le fluide caloporteur se trouvant dans le circuit de refroidissement 2 n'est plus mis en circulation par la pompe 10. Dans ce cas, si le capteur 17 détecte, comme il a été indiqué précédemment, une température ambiante proche de la température de congélation du fluide caloporteur, par  
20 exemple proche de 0°C si l'on utilise de l'eau distillée, la résistance 15 est alimentée en courant électrique par la batterie 16, provoquant ainsi un échauffement localisé du fluide caloporteur dans le circuit de refroidissement 2 à l'endroit où se trouve disposée la résistance électrique 15. Ce réchauffement localisé du fluide caloporteur produit un  
25 phénomène de thermosiphon induit par le gradient de température ainsi créé. Ce gradient de température génère à son tour un gradient de masse volumique du fluide caloporteur, entraînant la mise en mouvement dudit fluide dans le circuit de refroidissement 2, et ce malgré que la pompe 10 reste inerte. On obtient ainsi à la fois une élévation de température du  
30 fluide caloporteur et sa mise en circulation, ces deux effets se combinant pour protéger efficacement la pile à combustible contre tout risque de détérioration résultant de la congélation du fluide caloporteur.

          A titre d'exemple, pour une pile à combustible de 70 kW, on devra développer une puissance comprise entre 1 et 2,5 kW pour assurer la  
35 mise hors-gel effective de la pile à combustible. On obtiendra, selon

l'invention, une telle puissance au moyen d'un débit d'eau distillée de l'ordre de 100 l/h, la température de l'eau étant augmentée d'environ 15°C par rapport à la température ambiante.

5 La résistance électrique 15 peut être placée à l'intérieur même du circuit de refroidissement 2, de façon à se trouver en contact avec le fluide caloporteur. On peut également envisager de placer la résistance électrique à l'extérieur du circuit de refroidissement en assurant un transfert de chaleur localisé par conduction sur la canalisation du circuit de refroidissement 2.

10 En variante, on pourrait imaginer de procéder au réchauffement du fluide caloporteur au moyen d'un organe extérieur venant entourer la canalisation du circuit de refroidissement 2, ou encore au moyen d'un serpentin à l'intérieur duquel circulerait un fluide à température élevée. En réalité, tout moyen approprié peut être utilisé dans la mesure où il est possible d'obtenir un réchauffement localisé du fluide caloporteur  
15 immobilisé dans le circuit de refroidissement, de façon à créer l'effet de thermosiphon expliqué précédemment, capable de créer une mise en circulation suffisante du fluide caloporteur réchauffé pour protéger efficacement la pile à combustible contre toute détérioration due au gel.

20 La commande d'alimentation électrique de la résistance 15 peut avantageusement être effectuée par le calculateur de bord du véhicule automobile, en mode de stockage. Dans ce cas, en effet, une partie au moins de ce calculateur de bord reste en mode éveil et peut déclencher la mise en marche du dispositif réchauffeur 14, dès que le capteur 17 détecte  
25 une température critique.

Pour maintenir la puissance nécessaire au réchauffement la plus basse possible, on notera qu'il est avantageux de prévoir un circuit de refroidissement 2 pour la pile à combustible 1 de taille réduite et convenablement isolé thermiquement.

30 L'alimentation en courant électrique de la résistance 15 peut être faite à partir de la batterie auxiliaire du véhicule, comme indiqué précédemment. On peut également connecter directement la résistance électrique 15 du dispositif de réchauffage 14 sur le secteur électrique par l'intermédiaire d'une prise de courant, en particulier pour un stockage  
35 longue durée. La résistance électrique 15 est alors alimentée en courant

alternatif.

Le mode de réalisation illustré sur la figure 2, sur laquelle les organes identiques portent les mêmes références, est adapté au cas où la batterie auxiliaire 16 du véhicule n'accumulerait pas une énergie  
5 suffisante pour permettre un réchauffage efficace. Ce mode de réalisation peut également être utilisé dans le cas où l'on ne dispose pas d'une batterie d'accumulateur à proximité de la pile à combustible.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 2, la pile à combustible 1 comprend un système d'alimentation secondaire capable de  
10 faire fonctionner la pile à combustible 1 à puissance réduite. Ce système secondaire d'alimentation comprend une canalisation auxiliaire 18 pour une alimentation réduite en hydrogène, la canalisation 18 comportant un passage calibré 19 qui réduit le débit d'alimentation en hydrogène. Un ventilateur 20 est en outre monté dans une canalisation dérivée 21 pour  
15 une alimentation en air auxiliaire. Le capteur de température 17 est capable de commander, par le branchement 22, l'alimentation auxiliaire en hydrogène ainsi que l'alimentation auxiliaire en air par la canalisation 21 et le ventilateur 20.

Cette alimentation réduite de la pile à combustible 1 produit une  
20 faible puissance électrique, le courant électrique en résultant étant amené par le branchement 23 sur la résistance électrique 15, venant ainsi en appoint de la pile 16 ou même en variante, remplaçant purement et simplement ladite pile 16. Le courant électrique produit par la pile à combustible 1 sert également à entraîner le ventilateur 20 par le  
25 branchement 24.

Dans ce mode de réalisation, on obtient ainsi le réchauffement localisé du fluide caloporteur se trouvant dans le circuit de refroidissement 2 de la pile à combustible 1, de façon à obtenir la mise en circulation du fluide caloporteur par effet de thermosiphon malgré l'arrêt  
30 de la pompe 10, tout en évitant de vider totalement la batterie 16 du véhicule, quelle que soit la durée du stockage. De plus, grâce à l'alimentation auxiliaire réduite de la pile à combustible 1, on minimise la consommation d'hydrogène.

A titre d'exemple, pour assurer la puissance de 1 à 2,5 kW  
35 nécessaire pour la mise hors-gel de la pile à combustible de l'exemple

précédemment mentionné, il suffira de prévoir un débit d'hydrogène de l'ordre de 0,04 g/s et en conséquence un débit d'air de l'ordre de 1,5 g/s.

5 La présente invention permet d'obtenir efficacement une protection d'une pile à combustible, et en particulier sa mise hors-gel. Le procédé et le dispositif de la présente invention permettent d'obtenir ce résultat moyennant une très faible consommation. En effet, la pompe de circulation du circuit de refroidissement n'est pas mise en route, la circulation du fluide caloporteur se faisant uniquement par thermosiphon. La surface d'échange thermique du circuit de refroidissement de la pile à  
10 combustible peut rester faible et la puissance utile est minime.

Dans le mode de réalisation où la résistance de réchauffage est alimentée par la pile à combustible elle-même, en mode de fonctionnement à faible puissance, on peut éviter de décharger complètement la batterie auxiliaire du véhicule. Enfin, en variante, il est  
15 possible de prévoir une connexion directement sur le secteur qui peut venir s'adjoindre au dispositif précédent, en particulier pour les cas de stockage de longue durée.

## REVENDEICATIONS

1-Pile à combustible équipée d'un circuit de refroidissement (2) comportant une pompe de circulation (10) et un échangeur de chaleur (4) traversés par un fluide caloporteur, caractérisée par le fait que le circuit de refroidissement (2) comprend un dispositif de réchauffage (14) du fluide caloporteur commandé par un capteur de température (17) capable d'actionner le dispositif de réchauffage (14) lorsque la température détectée est proche de la température de congélation du fluide caloporteur.

2-Pile à combustible selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le dispositif de réchauffage (14) comprend une résistance électrique (15) montée dans le circuit de refroidissement (2).

3-Pile à combustible selon la revendication 2, caractérisée par le fait que la résistance électrique (15) est alimentée en courant électrique continu par une batterie d'accumulateurs (16).

4-Pile à combustible selon les revendications 2 ou 3, caractérisée par le fait que la résistance électrique (15) est alimentée en courant électrique par la pile à combustible (1) elle-même, la pile comprenant un circuit auxiliaire (18, 21) d'alimentation en hydrogène et en air, branché en dérivation sur le circuit d'alimentation principal et capable de faire fonctionner la pile (1) à une puissance inférieure à la puissance de fonctionnement normale.

5-Pile à combustible selon la revendication 4, caractérisée par le fait que le circuit auxiliaire (18) d'alimentation en hydrogène comprend un passage calibré (19) adapté pour une alimentation en hydrogène suffisante pour générer le courant électrique nécessaire à la résistance électrique.

6-Pile à combustible selon les revendications 4 ou 5, caractérisée par le fait que le circuit auxiliaire d'alimentation en air comprend un ventilateur (20).

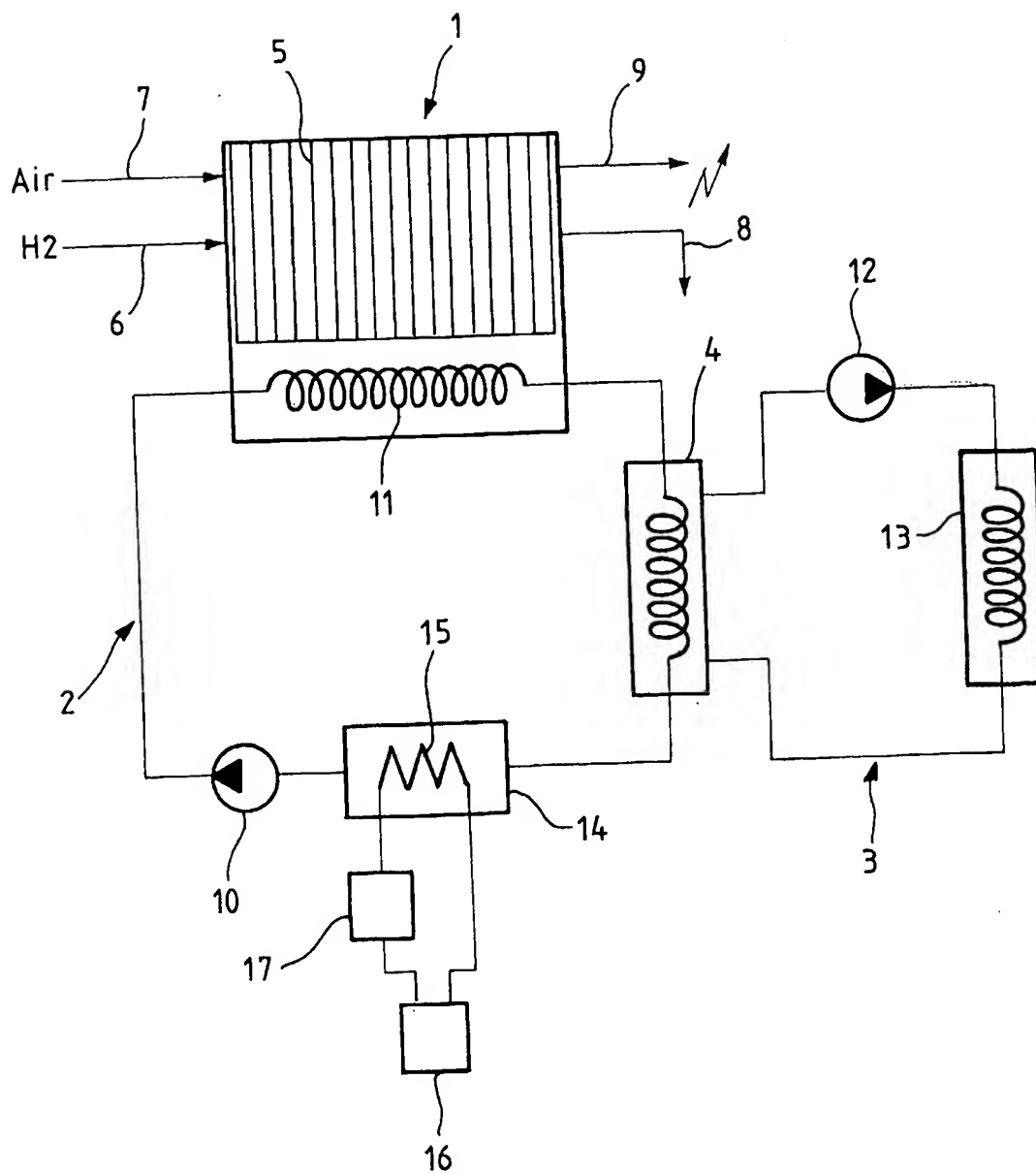
7-Pile à combustible selon la revendication 2, caractérisée par le fait que la résistance électrique est alimentée en courant électrique alternatif par l'intermédiaire d'une prise de courant branchée sur le secteur.

8-Pile à combustible selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le fluide caloporteur est de l'eau distillée.

- 5 9-Procédé de protection d'une pile à combustible contre le gel du fluide caloporteur lors des périodes d'arrêt de la pile, le fluide caloporteur étant mis en circulation par une pompe lors des périodes de fonctionnement de la pile, caractérisé par le fait que, pendant les périodes d'arrêt de la pile, on mesure la température ambiante et, lorsqu'on détecte une température  
10 à un réchauffement localisé du fluide caloporteur de façon à provoquer une mise en circulation dudit fluide par thermosiphon, la pompe restant hors service.

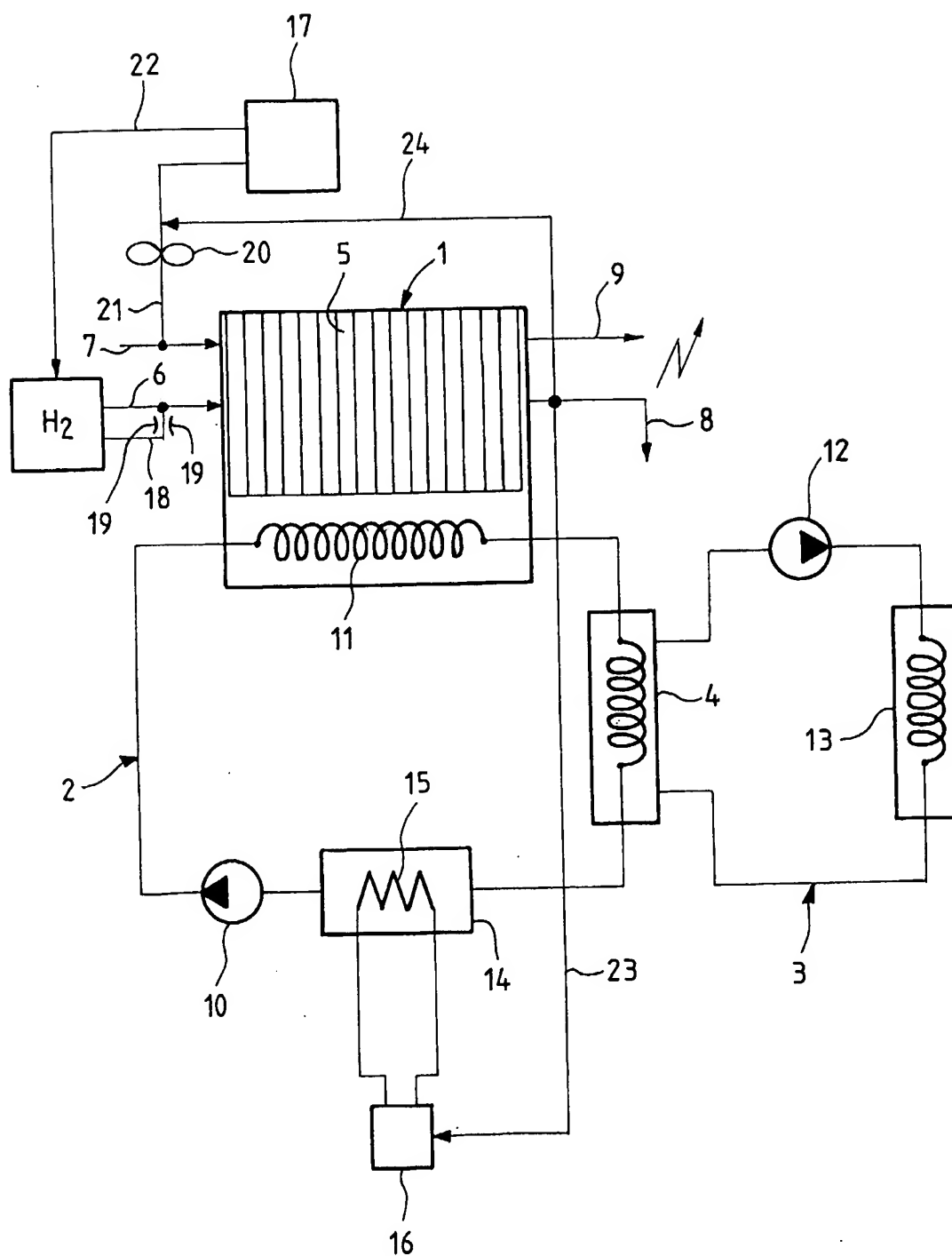


1/2

FIG\_1

2/2

FIG\_2





# RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2813994

N° d'enregistrement  
nationalFA 592540  
FR 0011724

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 96 41393 A (BALLARD POWER SYSTEMS ;STRASKY DOUGLAS G (CA); GORBELL BRIAN N (CA) 19 décembre 1996 (1996-12-19) * page 8, ligne 3 - ligne 11; figure 1 * * revendications 1,5,6,17,22 *	1,2,7,9	H01M8/04
Y	---	3	
Y	US 5 798 186 A (FLETCHER NICHOLAS J ET AL) 25 août 1998 (1998-08-25) * revendications 1,9-12,26,27 *	3	
Y	---	3	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 016 (E-375), 22 janvier 1986 (1986-01-22) -& JP 60 177568 A (MITSUBISHI DENKI KK), 11 septembre 1985 (1985-09-11) * abrégé *	3	
Y	---	3	
	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 016 (E-375), 22 janvier 1986 (1986-01-22) -& JP 60 177567 A (MITSUBISHI DENKI KK), 11 septembre 1985 (1985-09-11) * abrégé *		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
	---		H01M B60H
E	FR 2 792 259 A (VALEO THERMIQUE MOTEUR) 20 octobre 2000 (2000-10-20) * page 6, ligne 20 - ligne 34; figure 2 * * page 8, ligne 34 - page 9, ligne 2; revendications 1-4,6 *	1,2,9	
E	---		
E	WO 00 74163 A (INTERNAT FUEL CELLS LLC) 7 décembre 2000 (2000-12-07) * page 11, ligne 20 - ligne 27 * * page 12, ligne 4 - ligne 13; figure 3A *	1,2	
	---		
	-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 juillet 2001		D'hondt, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

3

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



# RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2813994

N° d'enregistrement  
nationalFA 592540  
FR 0011724

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 3 843 410 A (SPAHRBIER D) 22 octobre 1974 (1974-10-22) * colonne 5, ligne 7 - ligne 16; figure 2 *	1,2	
A	US 3 748 180 A (JOSEPH V CLAUSI ET AL) 24 juillet 1973 (1973-07-24) * colonne 3, ligne 43 - ligne 45; figure 1 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 juillet 2001		D'hondt, J	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

3

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)